

## Model Pembelajaran Konsep Sudut: Pengukuran Elongasi Bulan – Matahari dari Citra Digital Bulan Sabit

J. A. Utama<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Fisika, FPMIPA – UPI, Bandung, Indonesia

\*E-mail: judhistira@yahoo.com

### ABSTRAK

Dalam perkuliahan IPBA (Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa) di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI, satuan sudut yang telah dikenal mahasiswa, yaitu radian dan derajat, diperluas hingga satuan yang lebih kecil, meliputi menit busur dan detik busur. Di dalam ruang yang sangat luas, di mana posisi semua benda langit seolah-olah menempel di bagian dalam kubah langit, jarak antarbenda lazim dinyatakan dalam satuan sudut alih-alih menggunakan satuan jarak. Demikian pula untuk menyatakan ukuran, gerak diri, maupun sudut paralaks suatu benda langit. Menggunakan citra digital Bulan sabit yang diperoleh dalam sesi pengamatan, dalam makalah ini dikemukakan aplikasi konsep sudut untuk perhitungan jarak sudut (elongasi) antarbenda langit.

**Kata Kunci:** Bulan Sabit – Elongasi – Konsep Sudut

### 1 PENDAHULUAN: PERKULIAHAN IPBA

Dalam struktur kurikulum 2006 (direvisi pada tahun 2009) Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI, dicantumkan perkuliahan IPBA (Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa) yang dikelompokkan sebagai Mata Kuliah Keahlian Program Studi wajib dengan beban 3 SKS di semester ke dua. Perkuliahan ini dapat diikuti oleh mahasiswa yang sudah mengikuti perkuliahan Fisika Umum. Dalam perkuliahan ini dibahas mengenai gravitasi universal, gerak dan posisi benda langit, struktur Bumi, Tata Surya, asteroid dan komet sebagai benda kecil di Tata Surya, bintang dan dinamikanya, serta galaksi dan alam semesta (Anonim, 2009).

Selama ini pelaksanaan perkuliahan yang diikuti oleh tidak kurang dari 90 mahasiswa yang dibagi menjadi dua kelas, menggunakan pendekatan ekspositori dalam bentuk ceramah dibantu dengan simulasi komputer, juga pendekatan inkuiri dalam rangka tugas pengamatan benda langit dan penggunaan alat-alat peraga *hands-on*. Melalui perkuliahan ini mahasiswa diharapkan memiliki pengetahuan dan wawasan yang lebih luas mengenai Bumi dan antariksa serta mampu menerapkan ilmu fisika dan matematika dalam memahami fenomena-fenomena alam semesta melalui penelaahan gejala alam secara fisis.

### 2 APLIKASI SATUAN SUDUT

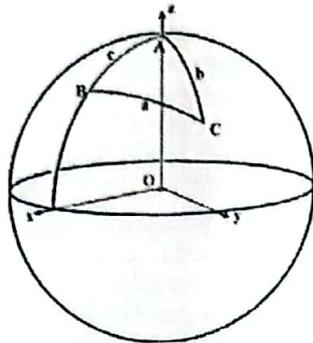
Dalam topik gerak dan posisi benda langit perkuliahan IPBA, di antaranya diulas tentang tiga macam sistem koordinat langit, yaitu sistem koordinat horison, ekuatorial, dan ekliptika, serta

pengaruh perbedaan posisi pengamat di permukaan Bumi terhadap penampakan gerak harian benda langit. Dalam pembahasan tentang sistem koordinat langit di atas, mahasiswa mulai diperkenalkan kepada penggunaan satuan sudut untuk menyatakan jarak.

Dalam koordinat langit yang paling sederhana, yaitu sistem horison, posisi suatu objek di bola langit (perluasan bola Bumi hingga radius tak berhingga) dinyatakan melalui sudut azimut dan ketinggian. Azimut adalah sudut di bidang horison (bidang yang dipijak oleh pengamat) yang diukur dari titik utara sebagai titik nolnya membesar ke arah timur. Dengan ketentuan ini, azimut di titik utara memiliki nilai  $0^\circ$ , di arah timur  $90^\circ$ , arah selatan  $180^\circ$ , dan di arah barat sama dengan  $270^\circ$ . Penting untuk diperhatikan bahwa arah-arah kardinal di atas (utara, timur, selatan, dan barat) merupakan arah-arah sejati yang mengacu kepada sumbu rotasi alih-alih sumbu magnet Bumi. Sementara itu, ketinggian merupakan sudut yang diukur mulai dari pemberhentian pengukuran sudut azimut di bidang horison menuju ke posisi benda langitnya di bola langit. Sudut ketinggian bertanda positif (+) untuk pengukuran ke arah atas dari horison (seperti pada kasus objek-objek langit yang telah terbit atau belum terbenam), dan bertanda negatif (-) ke arah bawah dari horison untuk objek-objek yang telah terbenam atau belum terbit. Penggunaan satuan sudut menggantikan satuan jarak untuk menyatakan ketinggian objek langit dari horison lebih karena pertimbangan kepraktisan semata, sebab seluruh objek langit terlihat berjarak sama dari pengamat di Bumi karena menempel di kubah langit.

Sementara itu, penentuan jarak terdekat antara dua objek di bola langit menuntut pengetahuan

tentang trigonometri bola (*spherical trigonometry*) yang diaplikasikan dalam sebuah segitiga bola astronomi (segitiga di permukaan lengkung yang ketiga sisinya merupakan busur lingkaran besar; perhatikan segitiga merah dalam Gambar 1). Pengetahuan tentang trigonometri bola dapat diberikan sebagai materi lanjutan pembahasan sistem koordinat geografis, sekaligus menjadi dasar bagi pembahasan sistem koordinat langit.



**Gambar 1.** Bola langit. Titik A, B, dan C berturut-turut masing-masing menyatakan kutub langit dan dua objek dengan koordinat langit sebarang.

Menggunakan aturan kosinus dalam trigonometri bola, jarak terdekat antara dua objek langit yang posisinya dinyatakan dalam sistem koordinat ekuatorial dapat diperoleh menggunakan hubungan di bawah ini:

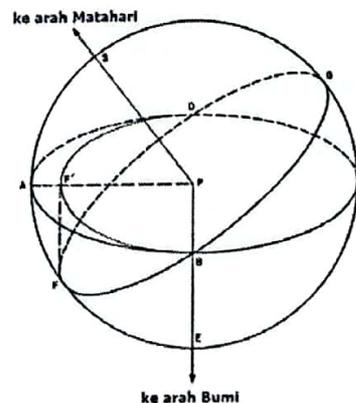
$$\cos(d) = \cos(90^\circ - \delta_1) \cos(90^\circ - \delta_2) + \sin(90^\circ - \delta_1) \sin(90^\circ - \delta_2) \cos(\Delta\alpha) \quad (1)$$

Dalam Persamaan (1),  $d$  menyatakan jarak sudut antara kedua objek langit,  $\delta$  lintang langit (deklinasi) masing-masing objek, dan  $\Delta\alpha$  selisih bujur langit (asensio rekta) kedua objek.

Penerapan praktis lainnya pengetahuan jarak sudut antarbenda langit ini misalnya untuk mengetahui apakah dalam pemotretan objek langit yang mengkombinasikan instrumen teleskop (sebagai pengumpul cahaya) dan kamera (sebagai perekam citra), dua buah atau lebih objek langit dapat terekam dalam satu bingkai (*frame*) citra ataukah tidak. Ukuran medan pandang (*field of view*) ditentukan oleh parameter optik instrumen yang digunakan. Faktor-faktor yang berperan adalah panjang fokus objektif teleskop dan ukuran *chip* kamera yang digunakan. Persoalan medan pandang menjadi krusial untuk objek-objek membentang (*extended source*) seperti planet, Bulan, dan Matahari terutama bila dikehendaki seluruh piringan objek masuk dalam satu bingkai citra. Untuk meyakinkan bahwa seluruh citra objek

dengan diameter sudut tertentu dapat ditampung dalam medan pandang instrumen, pengamat perlu mengetahui skala bayangan teleskop yang dinyatakan dalam satuan "/mm (detik busur per milimeter) atau "/piksel (detik busur per piksel) yang mendeskripsikan besar sudut di langit yang dibentuk oleh tiap mm atau tiap piksel citra di bidang fokus.

Dalam model pembelajaran konsep sudut untuk penentuan jarak sudut atau elongasi dalam tulisan ini digunakan citra digital Bulan sabit yang telah diperoleh dalam suatu sesi pengamatan. Menggunakan Persamaan (1), sepanjang diketahui koordinat ekuatorial (misalnya) kedua objek langit, yakni Bulan dan Matahari, dapat diperoleh jarak sudut terpendek (geodesik) kedua objek tersebut. Selain menggunakan pendekatan trigonometri bola seperti di atas, penyelesaian masalah ini juga dapat dipecahkan menggunakan pendekatan geometri dan trigonometri biasa yang sederhana. Pendekatan alternatif ini (Gambar 2) bermanfaat untuk mengenalkan aplikasi konsep sudut kepada siswa-siswa sekolah menengah yang belum memperoleh materi trigonometri bola. Selain itu, kelebihan lainnya adalah tidak diperlukan informasi tentang koordinat kedua benda langit maupun tidak diperlukan kehadiran citra Matahari dalam satu bingkai citra yang sama.



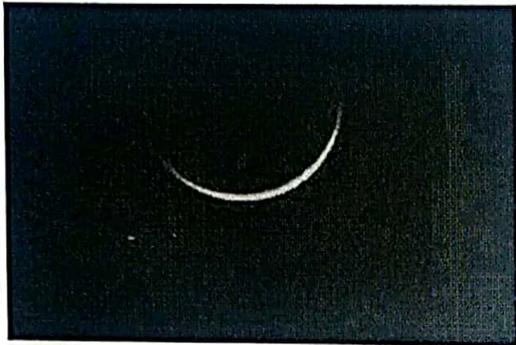
**Gambar 2.** Geometri sabit Bulan. Dengan mengukur panjang jari-jari PA Bulan dan jarak PF', dapat diperoleh jarak sudut Bulan dari Matahari pada saat citra diperoleh.

Jarak sudut tersebut dapat dihitung dengan formula berikut (Utama, 2011).

$$E = \cos^{-1} \left( \frac{PF'}{PA} \right) \quad (2)$$

dengan E menyatakan jarak sudut atau elongasi Bulan dan Matahari.

Sebelum dapat menggunakan Persamaan (2), yang harus dilakukan adalah menentukan pusat citra Bulan sabit dari citra digital yang telah diperoleh. Contoh citra digital tersebut ditunjukkan dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Citra digital Bulan sabit yang berhasil diabadikan dalam salah satu sesi observasi. Pusat piringan Bulan dapat ditentukan menggunakan geometri sederhana.

Pusat piringan Bulan dapat ditentukan mengikuti langkah-langkah berikut ini:

- Gambarkan tali busur yang menghubungkan kedua "tanduk" Bulan sabit. Sebut sebagai garis 1.
- Gambarkan garis 2 yang tegak lurus garis 1 dan membagi garis 1 sama besar. Garis 2 digambarkan hingga memotong sabit Bulan.
- Gambarkan dua buah tali busur (namai garis 3 dan 4) yang menghubungkan masing-masing "tanduk" dengan titik potong garis 2 di lengkungan sabit bagian dalam.
- Gambarkan garis 5 dan 6 yang masing-masing tegak lurus terhadap garis 3 dan 4 serta membagi garis 3 dan 4 sama besar. Perpanjang garis 5 dan 6 hingga memotong garis 2 di titik potong yang sama. Titik potong tersebut merupakan pusat piringan Bulan.

Langkah-langkah yang sama seperti di atas dapat pula diaplikasikan untuk, misalnya, menentukan pusat bayang-bayang gelap (umbra) Bumi yang jatuh di permukaan Bulan dalam

peristiwa gerhana Bulan. Informasi jari-jari umbra Bumi yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui bentangan sudut umbra Bumi di jarak Bumi – Bulan, yang pada akhirnya dapat disubstitusikan ke dalam suatu persamaan untuk menghitung jarak Bumi – Bulan. Metode serupa telah digunakan oleh Aristarchus untuk menghitung jarak Bumi – Bulan memanfaatkan fenomena alam gerhana Bulan.

### 3 PENUTUP

Model pembelajaran konsep sudut dan aplikasinya dalam penentuan jarak antarbenda langit sebagai perluasan dari materi yang telah ada di dalam perkuliahan IPBA telah dipaparkan. Konten tambahan ini diharapkan mampu memberi wawasan lebih dalam serta menambah kompetensi bagi mahasiswa peserta perkuliahan tentang pemanfaatan konsep sudut dalam keperluan praktis lainnya. Disajikan pula pendekatan alternatif yang tidak memerlukan prasyarat pengetahuan tentang trigonometri bola bagi siswa-siswa di tingkat sekolah menengah memanfaatkan geometri dan trigonometri sederhana.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih atas dukungan dari program studi Fisika – Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI yang telah memungkinkan Penulis untuk dapat hadir di seminar ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika untuk kerjasamanya dalam kegiatan pengamatan hilal Ramadhan 2011 yang lalu. Citra digital Bulan sabit yang digunakan dalam tulisan ini diperoleh dalam sesi observasi tersebut.

#### PUSTAKA

- Anonim, *Struktur Kurikulum Program Studi Pendidikan Fisika 2006*
- Utama, J. A. 2011, dalam *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA* Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta